

Mittheilungen.

37. G. Firtsch: Zur Kenntniss der geotropischen Reizbarkeit der Wurzelspitze.

Eingegangen am 30. Mai 1884.

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildete die Frage, ob die Decapitation der Wurzelspitze das Längenwachsthum der Wurzel hindernd beeinflusse oder nicht. Diese Frage ist bekanntlich von verschiedenen Autoren im entgegengesetzten Sinne beantwortet worden, und setze ich die diesbezüglichen Arbeiten als bekannt voraus¹⁾. Ich selbst gelangte auf Grund zahlreicher Untersuchungen, welche ich mit Keimpflanzen von *Vicia faba*, *Pisum sativum*, *Lupinus angustifolius* und *Zea Mais* anstellte, zu den nachstehenden Ergebnissen:

1. Vertical gestellte Keimwurzeln wachsen, falls sie decapitirt wurden, ebenso rasch oder nur um ganz wenig langsamer in die Länge als unversehrte Wurzeln. Dabei ist aber zu bemerken, dass die Decapitation eine gewisse Grenze nicht überschreiten darf; wird mehr als 1,5 m (Mais) — 2 mm (*Vicia faba*) abgetragen, so tritt eine beträchtliche, offenbar pathologische Verlangsamung des Längenwachsthums ein.

Unter den verschiedenen Versuchsreihen, aus welchen dieser Satz gefolgert wurde, hebe ich bloß eine hervor, welche sich auf Keimlinge von *Lupinus angustifolius* bezieht. Die Keimlinge wurden mittelst Stecknadeln auf eine horizontale Holzbrücke, inmitten eines allseitig mit feucht erhaltenem Fliesspapier ausgekleideten Glasgefäßes, befestigt. Während der Dauer des Versuches befand sich das Glasgefäß im Dunkeln; die Temperatur schwankte, da die Versuche im Winter ausgeführt wurden, zwischen 15—20° C. Ich erwähne gleich, dass alle übrigen Versuche nach gleicher Methode angestellt wurden.

(Siehe Tabelle I. S. 249).

2. Horizontal gestellte Keimwurzeln wachsen, falls sie nicht zu stark decapitirt sind, rascher in die Länge als nicht decapitirte, zeigen aber trotzdem keine geotropische Krümmung. Dieses stärkere Längenwachsthum der decapitirten Wurzeln steht, wie ich

1) Es liegt nicht in meiner Absicht mich in eine kritische Besprechung dieser Arbeiten einzulassen.

Tabelle I.
 Lupinus angustifolius. Wurzeln vertical.

| Vergleichs- Paare | Ursprüng- liche Wurzellänge in Millimeter | 24stündiger Zuwachs in Millimeter | |
|----------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|
| | | Wurzeln um 1 mm decapitirt | Wurzeln nicht decapitirt |
| 1 | 22 | 8 | 9 |
| 2 | 20 | 8,5 | 8,5 |
| 3 | 23 | 9 | 8,5 |
| Mittel | | 8,5 | 8,66 |

glaube, in Zusammenhang damit, dass sich dieselben nicht krümmten. Jener Kraftaufwand, welcher bei den nicht decapitirten Wurzeln zur Hervorrufung der geotropischen Krümmung nöthig ist, kommt bei den sich nicht krümmenden decapitirten Wurzeln dem Längenwachsthum zu Gute. Dieser Erklärungsversuch wird durch die Thatsache unterstützt, dass, wie schon erwähnt wurde, die vertical abwärts wachsenden Wurzeln eine solche Wachsthumdifferenz zu Gunsten der decapitirten Wurzeln nicht zeigen. Ferner hat auch schon Sachs¹⁾ gezeigt, dass das Längenwachsthum einer sich geotropisch krümmenden Wurzel geringer ist als das einer gerade abwärts wachsenden.

Im Nachstehenden gebe ich nun einige Tabellen, welche die Differenzen im Längenwachsthum decapitirter und unversehrter Wurzeln veranschaulichen sollen.

Tabelle II.
 Lupinus angustifolius. Wurzeln horizontal.

| Vergleichs- Paare | Ursprüng- liche Länge in Millimeter | 24 stündiger Zuwachs in Millimeter | |
|----------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | der nicht de- capitirten Wurzeln | der um 1 mm de- capitirten Wurzeln |
| 1 | 15 | 5 | 9 |
| 2 | 28 | 8 | 8,5 |
| 3 | 40 | 6 | 7,5 |
| 4 | 35 | 5 | 8 |
| 5 | 66 | 3 | 4,5 |

1) Sachs, Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln Arb. d. bot. Inst. Würzburg. I. p. 463.

Tabelle III.
Pisum sativum. Wurzeln horizontal.

| Nummer | Ursprüngliche Länge in Millimeter | Decapitirtes Stück in Millimeter | Zuwachs in 24 Stunden |
|--------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | 15 | 0 | 25,5 |
| 2 | 15 | 0,5 | 28 |
| 3 | 15 | 0,5 | 28,5 |
| 4 | 15 | 1 | 26 |

Tabelle IV.
Zea Mais. Wurzeln horizontal.

| Nummer | Ursprüngliche Länge in Millimeter | Länge d. decapitirten Stückes in Millimeter | 24stündiger Zuwachs in Millimeter |
|--------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | 20 | 0 | 6,5 |
| 2 | 20 | 0,25 | 9 |
| 3 | 15 | 0 | 8,5 |
| 4 | 15 | 0,3 | 11 |
| 5 | 15 | 0,4 | 9,5 |
| 6 | 15 | 0,5 | 7 |

Aus den Ergebnissen dieser Versuche, welche zu wiederholten Malen angestellt und nach verschiedenen Seiten hin variirt wurden, folgere ich im Anschluss an Darwin, Krabbe und Andere, dass die Wurzelspitze es ist, welche durch den Einfluss der Schwerkraft gereizt wird, und dass von ihr aus der Anstoss zur geotropischen Krümmung der im stärksten Längenwachsthum befindlichen Zone ausgeht.

An diesen Satz knüpft sich nun eine zweite Frage, welche bisher noch nicht in Angriff genommen wurde. Da die Wurzelspitze aus verschiedenen Bildungsgeweben besteht, so fragt es sich, ob alle diese Gewebe für die Schwerkraft in gleichem Maass empfindlich sind, oder ob eine Localisirung des Empfindungsvermögens auf ein bestimmtes Bildungsgewebe statt hat.

Auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Professor Dr. G. Haberlandt, dem ich für das rege Interesse, welches er meiner Arbeit entgegenbrachte, hiermit meinen wärmsten Dank ausspreche, entschloss ich mich zur Bearbeitung dieser Frage.

Die Versuche, welche ich zu ihrer Lösung unternahm, wurden mit

den Keimwurzeln von *Zea Mais*, *Helianthus annuus*, *Polygonum fagopyrum*, *Pisum sativum* und *Vicia faba* angestellt, welche Wurzeln drei bekanntlich sehr verschiedenen Typen des Scheitelwachsthums der Wurzel angehören.

Die Wurzeln von *Zea Mais* besitzen, wie die Gramineen- und Cyperaceenwurzeln überhaupt, ein scharf gesondertes Calyptrogen, welches am Scheitel die gemeinsame Initiale des Protoderms und der Rinde (Dermatogen und Periblem) des Wurzelkörpers, überdeckt. Die Entfernung vom Scheitel des Wurzelkörpers bis zur Spitze der Wurzelhaube (das ist die Höhe der letzteren) schwankt zwischen 0,25—0,4 mm. Aus einigen Versuchen ergab sich bereits, dass durch die Decapitation kein längeres Stück als der Höhe der Wurzelhaube sammt dem Calyptrogen entspricht entfernt zu werden braucht, um die Krümmung der Wurzel hintanzuhalten.

Diese Versuche, sowie die später zu beschreibenden, wurden in der Weise ausgeführt, dass die Wurzel unter dem Praeparirmikroskop auf einen in Viertelmillimeter getheilten Massstab gelegt und mit einem scharfen Scalpell möglichst senkrecht zur Längsaxe der Wurzel decapitirt wurde. Nach Beendigung des Versuchs wurden natürlich immer Längsschnitte durch die Wurzeln angefertigt, um zu sehen, welche Bildungsgewebe durch die Decapitation entfernt worden waren.

Unter zahlreichen Versuchen, welche ich mit *Zea Mais* anstellte und welche alle das gleiche Resultat ergaben, führe ich nur einige an.

(Siehe Tabelle V. S. 252.)

Aus dieser Tabelle sieht man nun, dass zur Verhinderung der geotropischen Krümmung die Decapitation der Wurzelhaube sammt Calyptrogen vollkommen hinreicht. Da aber andererseits bei blosser Decapitation der Haube, wobei das Calyptrogen wenigstens theilweise erhalten bleibt, die geotropische Krümmung nicht verhindert wird, wenn sie auch weniger energisch ausfällt, so folgt daraus, dass in der Wurzelspitze des Mais ausschliesslich das Calyptrogen das geotropisch reizbare Bildungsgewebe ist.

Vielleicht wäre es richtiger, das Calyptrogen als das vorzugsweise reizbare Bildungsgewebe hinzustellen; denn eine ganz geringe Reizbarkeit der übrigen Bildungsgewebe ist natürlich nicht ausgeschlossen, wenn sie auch unter natürlichen Verhältnissen zu keiner geotropischen Krümmung führen kann, und deshalb vollkommen bedeutungslos ist.

Ich gehe nun zu den Versuchen mit den Keimwurzeln von *Helianthus annuus* über. Die Wurzelhaube entsteht hier bekanntlich durch tangentliche Theilungen im Protoderm (Dermatogen); ein und dasselbe Bildungsgewebe erzeugt demnach Epidermis und Haube und ist deshalb von Eriksson als Dermocalyptrogen bezeichnet worden. Bei der Decapitation suchte ich demnach dieses Dermocalyptrogen ganz oder theilweise zu entfernen, ohne die Initialen der Rinde und des Central-

Tabelle V.
Zea Mais. Wurzeln horizontal.

| Nummer | Ursprüngliche Länge in Millimeter | 24 stündiger Zuwachs in Millimeter | Länge d. decapit. Stücks in Millimeter | Geotropische Krümmung | Anmerkungen |
|--------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|---|
| 1 | 20 | 9 | 0,25 | sehr schwach geotr. gekrümmt. | Bloss der grössere Theil der Haube weggeschnitten. Calyptragen erhalten. |
| 2 | 15 | 11 | 0,3 | keine geotr. Krümmung. | Wurzelhaube sammt Calyptragen weggeschnitten. Initialen des Wurzelkörpers erhalten. |
| 3 | 10 | — | 0,3 | keine geotr. Krümmung, schwache Nutation aufwärts. | Haube und Calyptragen entfernt. Initialen des Wurzelkörpers erhalten. |
| 4 | 15 | 9,5 | 0,4 | keine geotr. Krümmung, sehr schwache Nutation seitwärts. | Genau so wie bei Nr. 3. |
| 5 | 14 | 11 | 0,35 | keine geotr. Krümmung. | Haube und Calyptragen entfernt. Initialen des Wurzelkörpers tangirt u. beschädigt. |
| 6 | 14 | 12 | 0,4 | keine geotr. Krümmung. | Genau so wie bei Nr. 5. |

stranges zu beschädigen. Nach einigen Versuchen gelang dies ganz gut, doch durfte die Decapitation nie mehr als 0,25—0,3 betragen.

(Siehe Tabelle VI. S. 253).

Aus dieser Tabelle folgere ich, dass bei *Helianthus*wurzeln das geotropisch reizbare Organ der Wurzelspitze das scheidelständige Dermo-calyptrogen ist, weil nach dessen vollständiger oder nahezu vollständiger Abtragung die geotropische Krümmung der Wurzel unterbleibt.

Aehnliche Resultate erhielt ich mit *Polygonum fagopyrum*, dessen Wurzel nach demselben Typus gebaut ist. Die Untersuchung ist hier allerdings sehr erschwert, da die Höhe der Haube und des Calyptragens eine sehr geringe ist.

Weitere Versuche wurden mit den Keimwurzeln von *Vicia faba* und *Pisum sativum* angestellt, welche bekanntlich in ihrem sogenannten „Transversalmeristem“ ein gemeinsames Bildungsgewebe für den scheidelständigen Theil der Haube und den Wurzelkörper haben: Bei der Decapitation handelte es sich hier um die theilweise oder vollständige Abtragung des Transversalmeristems.

(Siehe Tabelle VII. S. 253).

Tabelle VI.
Helianthus annuus. Wurzeln horizontal.

| Nummer | Ursprüngliche Länge in Millimeter | 24 stündiger Zuwachs in Millimeter | Länge d. decapit. Stücks in Millimeter | Geotropische Krümmung | Anmerkungen |
|--------|-----------------------------------|------------------------------------|--|-----------------------|---|
| 1 | 10 | 5,5 | 0,15 | gekrümmt. | Fast das ganze Dermocalyptrogen erhalten. |
| 2 | 22 | 6 | 0,15 | sehr wenig gekrümmt. | Dermocalyptrogen noch zum grössten Theile erhalten. |
| 3 | 22 | 6 | 0,2 | keine Krümmung. | Ein ganz kleiner Theil des Dermocalyptrogens noch erhalten. |
| 4 | 12 | 6 | 0,2 | keine Krümmung. | Ein kleiner Theil des Dermocalyptrogens noch erhalten. |
| 5 | 30 | 6 | 0,25 | keine Krümmung. | Innerste Schicht des Dermocalyptrogens noch erhalten. |
| 6 | 18 | 6 | 0,3 | keine Krümmung. | Die Initialen des Wurzelkörpers beschädigt. |

Tabelle VII.
Vicia faba. Wurzeln horizontal.

| Nummer | Ursprüngliche Länge in Millimeter | 24 stündiger Zuwachs in Millimeter | Länge d. decapit. Stücks in Millimeter | Geotropische Krümmung | Anmerkungen |
|--------|-----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------|---|
| 1 | 20 | 16 | 0,5 | sehrschwache Krümmung. | Das Transversalmeristem ist noch ganz erhalten. |
| 2 | 20 | 22 | 0,5 | keine Krümmung. | Ein kleiner Theil des Transversalmeristems entfernt. |
| 3 | 20 | 7 | 0,5 | keine Krümmung. | Ein kleiner Theil des Transversalmeristems noch erhalten. |
| 4 | 20 | 9 | 0,7 | keine Krümmung. | Transversalmeristem knapp entfernt. |
| 5 | 20 | 7 | 1,0 | keine Krümmung. | Etwas mehr als das Transversalmeristem entfernt. |

Es zeigt sich also aus den Angaben dieser Tabelle, dass zur Hintanhaltung der geotropischen Krümmung die Abtragung des oberen

Theiles des Transversalmeristems, welcher die Regeneration der Wurzelhaube besorgt, ausreicht. Aehnliche Resultate erhielt ich auch mit *Pisum sativum*.

Fasst man die Ergebnisse aller dieser Versuche zusammen, die mit Wurzeln angestellt wurden, deren Scheitel nach sehr verschiedenen Typen gebaut sind, so gelangt man zu dem allgemeinen Satz:

Zur Verhinderung der geotropischen Krümmung genügt die Abtragung jenes Bildungsgewebes, welches die Regeneration der Wurzelhaube bewerkstelligt. Dieses haubenbildende Meristem ist demnach das geotropisch reizbare Bildungsgewebe.

Es ist gewiss bemerkenswerth, dass gerade jenes Bildungsgewebe, welches blos der Wurzelspitze eigenthümlich ist, zugleich den Träger einer ganz specifischen Function der letzteren vorstellt.

Wenn ich den obigen Satz schon jetzt in seiner allgemeinen Fassung hingestellt habe, so geschieht dies natürlich mit einiger Reserve; doch zweifle ich nicht, dass Versuche mit anderen Pflanzen die Richtigkeit obiger Angaben bestätigen werden.

Gegen die Folgerungen, die ich aus meinen Versuchen ableite, könnte der Einwand erhoben werden, dass bei Abtragung des Bildungsgewebes der Wurzelhaube die übrigen angrenzenden Bildungsgewebe des Wurzelkörpers eine derartige Schädigung erfahren, dass ihre möglicherweise vorhanden gewesene geotropische Reizbarkeit aufgehoben wurde. Diesem Einwande wird jedoch durch die Thatsache der Boden entzogen, dass die zurückgebliebenen Bildungsgewebe des Wurzelkörpers in ihren Wachstums- resp. Zelltheilungserscheinungen durchaus nichts Pathologisches darboten.

Allerdings streckten sich die Zellen der von dem Drucke befreiten oberen Transversalmeristemschichten (*Pisum* und *Vicia faba*) longitudinal, eine sonstige Veränderung oder eine Beeinflussung der Zelltheilungsvorgänge konnte aber nicht constatirt werden.

Bei den *Mais*wurzeln zeigte sich, dass sich nach Aufhebung des Druckes die Initialen des Wurzelkörpers vorwölbten; in einem Falle sogar so weit, dass die Protodermrindeninitiale im medianen Längsschnitt das Aussehen einer sich segmentirenden Farnscheitelzelle erhielt.

Wie ich schon oben erwähnte, ist eine geringe geotropische Empfindlichkeit der übrigen Bildungsgewebe der Wurzelspitze nicht ausgeschlossen, und bei Ausführung des Knight'schen Rotationsversuches könnte eventuell diese Reizbarkeit bei hinlänglich grosser Rotationsgeschwindigkeit, d. h. bei genügend starkem Reize sogar zur entsprechenden Krümmung der wachstumsfähigen Zone führen. Ich halte dies sogar für nicht unwahrscheinlich; allein unter den natürlichen Verhältnissen kommt doch nur die geotropische Reizbarkeit des Bildungsgewebes der Wurzelhaube in Betracht.

Der Zweck meiner Arbeit wird erfüllt sein, wenn aus ihr deutlich hervorgeht, dass bei allen derartigen Versuchen, die Empfindlichkeit der Wurzelspitze betreffend, auf den verschiedenen anatomischen Bau derselben mehr Rücksicht genommen werden muss, als bisher geschehen ist.

Graz, Botanisches Laboratorium der
technischen Hochschule.

38. L. Radlkofer: Ueber zwei Buddleieen des Herbarium Willdenow.

Eingegangen am 7. Juni 1884.

In meinem „Beitrag zur africanischen Flora“ in den Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereines in Bremen, Bd. VIII, 1883, und in einem Nachtrage dazu, welcher ebendort unter dem Titel „drei Pflanzen aus Central-Madagascar“ zur Veröffentlichung gelangt ist, habe ich p. 406 und p. 461 zwei neue madagascarische Loganiaceen-Gattungen aus der Tribus der Buddleieen unter den Namen *Adenoplea* und *Adenoplusia* aufgestellt, die erstere unter Zugrundelegung einer Pflanze aus dem Nachlasse RUTENBERG's, die andere nach einer Pflanze aus der Sammlung HILDEBRANDT's. Für die letztere bestand die Vermuthung, dass sie in naher Beziehung stehen möchte zu einer aus Madagascar stammenden Pflanze des Herb. WILDENOW, welche RÖMER und SCHULTES in der Mantissa Syst. Veget. III, 1827, p. 97 unter der Bezeichnung „*Buddleia axillaris* Willd. (Reliqu. Willd. Ms.)“ veröffentlicht hatten, und ich habe auf diese Vermuthung am Schlusse der betreffenden Betrachtung ausdrücklich hingewiesen und die Hoffnung ausgesprochen, dass die betreffende Pflanze im Herb. WILDENOW wohl noch vorhanden sein und somit das Verhältniss derselben zu der HILDEBRANDT'schen sich leicht werde feststellen lassen.

Diese Hoffnung hat sich erfüllt, und ich danke es dem freundlichen Entgegenkommen der Herren EICHLER und URBAN, dass ich die Pflanze autoptischer Untersuchung unterwerfen konnte.

An derselben Stelle, wie *Buddleia axillaris*, fand durch RÖMER und SCHULTES noch eine zweite aus Madagascar stammende Pflanze des Herb. WILDENOW unter demselben Gattungsnamen, als „*Buddleia sinuata* Willd. (Reliqu. Willd. Ms.)“ nämlich, ihre Veröffentlichung,

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Firtsch Georg

Artikel/Article: [Zur Kenntniss der geotropischen Reizbarkeit der Wurzelspitze. 248-255](#)